

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-202822

(43)Date of publication of application : 27.07.2001

(51)Int.Cl.

H01B 1/22
H01B 1/00
H01L 31/04

(21)Application number : 2000-012683

(71)Applicant : MURATA MFG CO LTD

(22)Date of filing : 21.01.2000

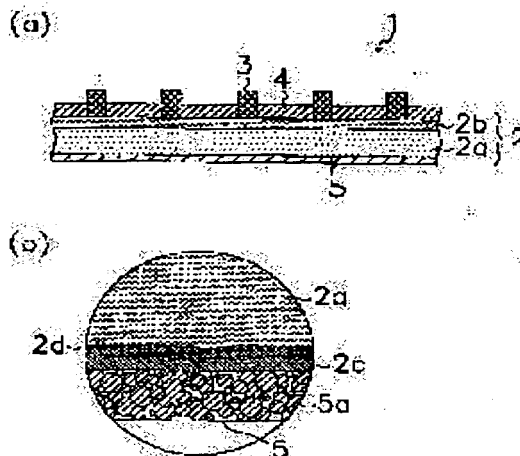
(72)Inventor : OYA HIROHISA

(54) CONDUCTIVE PASTE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a conductive paste which can achieve a high efficiency of solar cell and make a contribution to making other side electrode and Si wafer thin and to low cost of Si solar cell and Si solar electrode which forms the other side electrode using the paste.

SOLUTION: A conductive paste includes A1 powder having its surface covered with oxide film and organic vehicle and is used for forming the other side electrode of Si solar electrode. Average particle diameter of A1 powder is 2-10 μ m and thickness of the oxide film is 2-10 nm.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 15.01.2002

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開 2001-202822
(P 2001-202822A)
(43) 公開日 平成13年7月27日 (2001.7.27)

(51) Int. Cl. 7	識別記号	F I	テーマコード (参考)
H 0 1 B	1/22	H 0 1 B	A 5F051
	1/00		D 5G301
H 0 1 L	31/04	H 0 1 L	H

審査請求 未請求 請求項の数 1 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願2000-12683 (P2000-12683)

(22) 出願日 平成12年1月21日 (2000.1.21)

(71) 出願人 000006231

株式会社村田製作所

京都府長岡京市天神二丁目26番10号

(72) 発明者 大矢 裕久

京都府長岡京市天神二丁目26番10号 株式
会社村田製作所内

F ターム (参考) 5F051 AA02 CB27 DA03 FA06 FA10

FA13 FA15

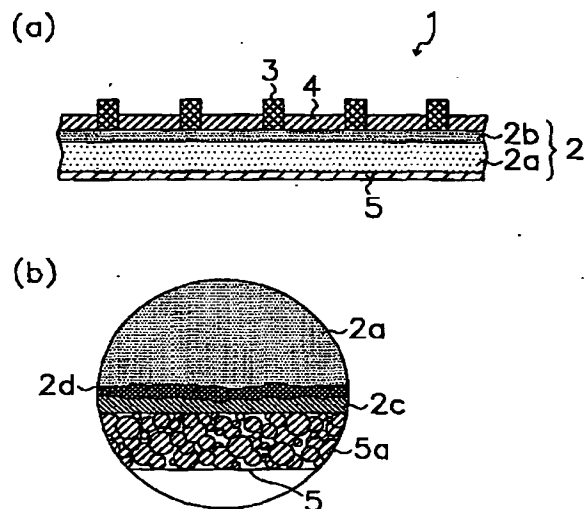
5G301 DA04 DA42 DD01

(54) 【発明の名称】 導電性ペースト

(57) 【要約】

【課題】 本発明の目的は、S i 太陽電池の高効率を達成できるとともに、裏面電極さらにはS i ウエハの薄型化ならびにS i 太陽電池の低コスト化に寄与できる、導電性ペーストならびにこれを用いて裏面電極を形成したS i 太陽電池を提供することにある。

【解決手段】 本発明の導電性ペーストは、表面が酸化皮膜で覆われたA l 粉末と有機ビヒクルとを含有し、S i 太陽電池の裏面電極形成に用いられる導電性ペーストであって、A l 粉末の平均粒子径が2~10 μ mで、かつ酸化皮膜の厚みが2~10 nmであることを特徴とする。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 Al 粉末と有機ビヒクルとを含有し、Si 太陽電池の裏面電極形成に用いられる導電性ペーストであって、

前記 Al 粉末の平均粒子径が $2 \sim 10 \mu\text{m}$ で、かつ前記 Al 粉末表面の酸化皮膜の厚みが $2 \sim 10 \text{nm}$ であることを特徴とする、導電性ペースト。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、セラミック電子部品の電極形成に用いられる導電性ペーストならびにこれを用いて厚膜電極を形成したセラミック電子部品に関し、特に Si 太陽電池の裏面電極等の形成に好適な導電性ペーストに関するものである。

【0002】

【従来の技術】 従来より導電性ペーストは、導電粉末とガラスフリットを有機ビヒクル中に分散させたものが用いられており、例えば Si 太陽電池の裏面電極形成には、Si ウエハに対するオーミック接触性を確保するために、主成分として Al 粉末を含有した導電性ペーストが用いられている。

【0003】 例えば図 5 (a) に示すように、Si 太陽電池 11 は、p-Si 層 12a と n-Si 層 12b とからなる Si ウエハ 12 と、Si ウエハ 12 の n-Si 層 12b 側に形成された受光面電極 13 と反射防止膜 14 と、Si ウエハの p-Si 層 12a 側に形成された裏面電極 15 とからなる。

【0004】 裏面電極 15 は、次のように形成される。すなわち Si ウエハ 12 の p-Si 層 12a 側に、Al 粉末 15a とガラスフリットを有機ビヒクル中に分散させた導電性ペーストを用いて電極膜を形成し、これを乾燥させ、大気雰囲気中の近赤外線炉にて Al 粉末の融点、すなわち 660°C 以上の温度で焼成し、有機成分を除去して Al 粉末 15a を焼結させて裏面電極 15 が得られる。

【0005】 この焼成の際に、裏面電極 15 付近を拡大した図 5 (b) に示すように、裏面電極 15 は p-Si 層 12a と反応して、接合界面の p-Si 層 12a 側に Al-Si 合金層 12c が形成され、さらに Al-Si 合金層 12c を介して p-Si 層 12a の内部に Al イオンが拡散し、p⁺電解層 12d が形成される。Al-Si 合金層 12c および p⁺電解層 12d は、裏面電極 15 の p-Si 層 12a に対するオーミック接触性を確保するとともに、長波長光反射効果、電子再結合防止効果、内部電解向上効果等によって Si 太陽電池特性を向上させる働きを持つ。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、表面が酸化皮膜で覆われている Al 粉末 15a は、Si との反応性に乏しい。さらに、大気中で焼成した場合、その酸

化皮膜の厚みは拡散則に従って増加するため、Si との反応性が一層低下する。

【0007】 また、Si ウエハ 12 の表面はテクスチャ構造と呼ばれる数 $\sim 10 \mu\text{m}$ サイズのピラミッド状の凹凸構造を有しているため、導電性ペーストを用いて電極膜を形成した場合、裏面電極 15 中の Al 粉末 15a と p-Si 層 12a との接触点、すなわち合金反応の開始点が減少する。また、特性に悪影響を及ぼすガラス成分等の不純物拡散を抑制するために、裏面電極 15 の焼成は数分程度の短時間で完了される。

【0008】 その結果、裏面電極 15 と p-Si 層 12a 界面の反応や拡散が十分に進行せず、図 5 (b) における位置 16 において発生しているように、Al-Si 合金層 12c や p⁺電解層 12d の形成が十分でない領域が生じて裏面電極の界面方向における被覆率が高まらず、Si 太陽電池 V-I 特性の曲線因子であるフィルファクター (FF)、短絡電流 (I_{sc})、開放電圧 (V_{oc}) が向上せず、所望の変換効率 (Eff) が得られないという問題があった。

【0009】 なお、導電性ペーストによって形成される Al-Si 合金層 12c や p⁺電解層 12d は、裏面電極 15 と p-Si 層 12a の界面近傍の酸素分圧の影響を受けるため、裏面電極 15 の厚みに依存する性質を持つ。すなわち、裏面電極 15 の厚みを薄くすると、界面の酸素分圧が上昇して裏面電極 15 の反応活性が低下し、Al-Si 合金層 12c や p⁺電解層 12d の形成が阻害され、上述した問題が生じる。

【0010】 近年、Si 太陽電池 11 の低コスト化を目的として Si ウエハ 12 の薄型化が検討されているが、上述のように裏面電極 15 を薄層化できなければ、裏面電極 15 形成後の応力を低減できず、Si ウエハの反り量が増大してしまうため、Si ウエハ 12 を薄型にすることができないという問題があった。

【0011】 本発明の目的は、上述の問題点を解消すべくなされたもので、Si 太陽電池の高効率を達成できるとともに、裏面電極さらには Si ウエハの薄型化ならびに Si 太陽電池の低コスト化に寄与できる導電性ペーストを提供することにある。

【0012】

【課題を解決するための手段】 上記目的を達成するために、本発明の導電性ペーストは、Al 粉末と有機ビヒクルとを含有し、Si 太陽電池の裏面電極形成に用いられる導電性ペーストであって、Al 粉末の平均粒子径が $2 \sim 10 \mu\text{m}$ で、かつ Al 粉末表面の酸化皮膜の厚みが $2 \sim 10 \text{nm}$ であることを特徴とする。

【0013】

【発明の実施の形態】 本発明の導電性ペーストに用いられる Al 粉末の平均粒子径は、 $2 \sim 10 \mu\text{m}$ の範囲である。平均粒子径が $2 \sim 10 \mu\text{m}$ の Al 粉末を用いることで、Si ウエハの凹凸構造に関わらずより多くの Al-Si

Si 接触点が確保できるため、界面方向に均一な合金層形成ができ、合金層の被覆率を高めることが可能となる。しかしながら、Al 粉末の平均粒子径が $2\mu\text{m}$ 未満の場合、Al 粉末中に占める酸化物の体積比率が高くなるため、電極固有抵抗の上昇に伴い Si 太陽電池の配線抵抗が増加し、Si 太陽電池特性が劣化するので好ましくない。他方、Al 粉末の平均粒子径が $10\mu\text{m}$ を超える場合、Al-Si 接触点が十分に確保できず、合金層の被覆率が低下する。

【0014】また、本発明の導電性ペーストに用いられる Al 粉末の酸化皮膜の厚みは、 $2\sim 10\text{nm}$ の範囲である。Al と Si の合金反応は 600°C 以上の高温領域で起こる。一般に、Al 粉末を大気中で昇温した場合、酸化皮膜の厚みは時間の放物線則に従って増加する。したがって、Al-Si 合金層の被覆率を高めるためには、合金反応の障壁となる Al 粉末の酸化皮膜厚を、昇温前の初期状態で極力薄く抑えておくことが好ましい。酸化皮膜厚みが $2\sim 10\text{nm}$ の Al 粉末を用いれば、広い焼成温度範囲で Al-Si 合金反応を促進することができ、高い合金層被覆率を得ることが可能となる。しかしながら、酸化皮膜厚みが 2nm 未満の場合、過剰な合金反応により Al-Si の凝集粒の発生や Si ウエハのクラック等の構造欠陥を招くため好ましくない。また酸化皮膜厚みが 10nm を超える場合、上述した理由により、Al-Si の合金反応が促進されない。

【0015】本発明の導電性ペーストを構成する Al 粉末全体に占める本発明の Al 粉末の含有量は特に限定されない。すなわち、目標とする Si 太陽電池特性や裏面電極の厚み、あるいは材料コストに合わせて、平均粒子径や酸化皮膜厚みの異なる Al 粉末と任意に粒子配合し、Al 電極の反応活性度を調節することが可能である。

【0016】本発明の導電性ペーストに含有される有機ビヒクルは、エチルセルロースやニトロセルロースなどの繊維素系樹脂やアルキッド樹脂、アクリル樹脂をタービネオールやカルビトール、セルソルブ等の溶剤に溶解したもの等を適宜用いることができるが、特に限定されるものではない。

【0017】本発明の導電性ペーストは、さらにガラスフリットを適宜含有してもよい。ガラスフリットは、例えば $\text{PbO}-\text{B}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ 系ガラス、 $\text{Bi}_2\text{O}_3-\text{B}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ 系ガラス等を用いることができるが、特に限定されるものではない。

【0018】本発明の Si 太陽電池の一つの実施形態について図 1 を用いて詳細に説明する。Si 太陽電池 1 は、図 1 (a) に示すように、p-Si 層 2a と n-Si 層 2b とからなる Si ウエハ 2 と、受光面電極 3 と、反射防止膜 4 と、裏面電極 5 とからなる。受光面電極 3 および反射防止膜 4 は、Si ウエハ 2 の n-Si 層 2b 側の主面上に形成されている。裏面電極 5 は、本発明の

導電性ペーストが Si ウエハ 2 の p-Si 層 2a 側の主面上に導電膜が形成され焼成されてなる。なお、図 1

(b) に示すように、焼成時において裏面電極 5 中の Al と p-Si 層 2a が反応して接合界面の p-Si 層 2a 側に Al-Si 合金層 2c が形成され、Al-Si 合金層 2c を介して p-Si 層 2a の内部に Al イオンが拡散し、p⁺電解層 2d が形成されている。

【0019】裏面電極 5 は、平均粒子径が $2\sim 10\mu\text{m}$ で、かつ酸化皮膜の厚みが $2\sim 10\text{nm}$ である Al 粉末 5a を含む本発明の導電性ペーストを用いて形成されていることから、過剰な合金反応による Al-Si の凝集粒の発生もなく、Si ウエハの凹凸構造に関わらずより多くの Al-Si 接触点が確保でき、十分な厚みを備えた Al-Si 合金層 2c と p⁺電解層 2d が形成されている。

【0020】なお、本発明の Si 太陽電池 1 において、受光面電極 3 および反射防止膜 4 の形状は上述の実施形態に限定されない。

【0021】

【実施例】まず、表 1 に示す平均粒子径と酸化皮膜厚みを持つ Al 粉末を準備し、これらを実施例 1～9 ならびに比較例 1～5 の Al 粉末とした。なお、Al 粉末の平均粒子径の測定は、エタノールとイソプロピルアルコールの混合溶剤を分散媒体として、レーザー回折散乱式の粒度分布計を用いて行なった。また、Al 粉末の酸化皮膜厚みは、Al 粉末中の酸化物量をその比表面積で除すことにより求めた。酸化物量は、カーボン製の坩堝に一定量の Al 粉末を秤量し空気雰囲気中で 2000°C 以上に昇温、その際に発生する炭酸ガスを定量して測定した。比表面積は BET 法により求めた。

【0022】

【表 1】

試料		平均粒子径 (μm)	酸化皮膜厚み (nm)
実施例	1	2.5	3.6
	2	4.0	2.8
	3	6.2	4.1
	4	7.8	3.3
	5	3.0	6.5
	6	6.1	7.7
	7	9.2	6.7
	8	4.5	9.5
	9	8.8	9.0
比較例	1	1.8	5.8
	2	6.0	1.5
	3	8.2	11.6
	4	12.5	5.0
	5	11.3	13.4

【0023】次に、実施例 1～9 ならびに比較例 1～5 の Al 粉末 70 重量%と、平均粒子径が $1\mu\text{m}$ で軟化点 585°C の $\text{PbO}-\text{B}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ 系ガラスフリット 2、5 重量%と、ニトロセルロース樹脂とアルキッド樹

脂を α -テルピネオールに溶解してなる有機ビヒクル 27、5重量%とを調合し、3本ロールミルで混練して、実施例1～9ならびに比較例1～5の導電性ペーストを得た。

【0024】次に、所定の寸法にカットした厚み350 μ mのSiウエハ上に、実施例1～9ならびに比較例1～5の導電性ペーストを用いてスクリーン印刷法により電極膜を形成し、150℃で乾燥させた後、近赤外炉において最高温度750℃で焼成して裏面電極を形成し、実施例1～9ならびに比較例1～5の試験サンプルを得た。なお、特性測定用に以下の3種類の試験サンプルを作製した。

【0025】固有抵抗値測定用サンプルは、40mm×20mmサイズのSiウエハ上に、400 μ m×全長200mmの折れ線のライン電極を形成して作製した。固有抵抗値は、実施例1～9ならびに比較例1～5のサンプル毎にライン電極両端間の電気抵抗値と電極厚みを測定して求め、これを表2にまとめた。

【0026】変換効率(Eff)測定用サンプルは、pn接合で構成される14mm角のSiウエハを準備し、n-Si面にAgからなる受光面電極を図2(a)に示すように櫛型状に形成し、他方p-Si面にAlからなる裏面電極を図2(b)に示すように略全面に形成して作製した。変換効率(Eff)は、ソーラーシミュレーターを用いて25℃、AM1.5の条件で、実施例1～*

*9ならびに比較例1～5のサンプル毎に測定し、これを表2にまとめた。

【0027】Al-Si合金層被覆率測定用および構造欠陥評価用サンプルとして、pn接合で構成される40mm×20mmのSiウエハを準備し、p-Si面にAlからなる裏面電極を厚みが50 μ mとなるよう略全面に形成して作製した。構造欠陥は、裏面電極焼成後の外観によって、Al-Si合金層の凝集粒によるフクレや突起ならびに裏面電極のクラックを観察した。Al-Si合金層の被覆率は、実施例1～9ならびに比較例1～5のサンプルを20%HCl水溶液に浸漬して裏面電極をエッチングし、露出したAl-Si合金層の状態を光学顕微鏡にて観察し、裏面電極との界面方向のAl-Si合金層の被覆率を画像解析により求め、これを表2にまとめた。

【0028】また、実施例1と比較例4については、露出したAl-Si合金層の顕微鏡写真を撮影し、それぞれ図3と図4に示した。図3ならびに図4において、Al-Si合金層は白い領域で表わされ、未反応のp-Si層は黒い斑点模様として表されている。すなわち、黒い斑点模様の少ないものほどp-Si層がAl-Si合金層によって被覆されていることを意味する。

【0029】

【表2】

試料	電極固有抵抗 ($\mu\Omega\cdot\text{cm}$)	Al-Si合金層 被覆率(%)	変換効率Eff (%)	構造欠陥	評価	
実施例	1	40	95	15.0	良好	○
	2	32	92	15.0	良好	○
	3	24	85	14.8	良好	○
	4	22	80	14.8	良好	○
	5	45	90	14.9	良好	○
	6	35	86	14.7	良好	○
	7	30	70	14.8	良好	○
	8	48	78	14.6	良好	○
	9	36	65	14.5	良好	○
比較例	1	85	85	13.9	一部フクレ	×
	2	20	95	14.8	フクレ・突起	×
	3	45	48	13.7	良好	×
	4	25	40	13.8	良好	×
	5	40	15	13.5	良好	×

【0030】表2より、Al粉末の平均粒子径が2～10 μ mの範囲内であり、かつ酸化皮膜の厚みが2～10nmの範囲内である実施例1～9のサンプルは、電極固有抵抗が22～48 $\mu\Omega\cdot\text{cm}$ 、Al-Si合金層の被覆率が65%～95%、変換効率(Eff)が14.5～15.0%、構造欠陥がなく全体に安定して優れ、本発明の範囲内となった。

【0031】これに対して、Al粉末の平均粒子径が2 μ m未満である比較例1のサンプルは、電極固有抵抗が85 $\mu\Omega\cdot\text{cm}$ と高く劣り、また裏面電極の一部にフクレ

が生じる構造欠陥が見られ、本発明の範囲外となった。

【0032】また、Al粉末の酸化皮膜の厚みが2nm未満である比較例2のサンプルは、電極固有抵抗は20 $\mu\Omega\cdot\text{cm}$ と非常に優れたが、裏面電極にフクレならびに突起が生じる構造欠陥が見られ、本発明の範囲外となった。

【0033】また、Al粉末の酸化皮膜の厚みが10nmを超える比較例3のサンプルは、Al-Si合金層の被覆率が48%と低く劣ったために変換効率(Eff)が13.7%と低く劣り、本発明の範囲外となった。

【0034】また、Al粉末の平均粒子径が $10\mu\text{m}$ を超える比較例4のサンプルは、電極固有抵抗は $25\mu\Omega\text{cm}$ と低く優れたが、Al-Si合金層の被覆率が40%と低く劣ったために変換効率(Eff)が13.8%と低く劣り、本発明の範囲外となった。

【0035】また、Al粉末の平均粒子径が $10\mu\text{m}$ を超え、かつ酸化皮膜の厚みが 10nm を超える比較例5のサンプルは、Al-Si合金層の被覆率が15%と非常に低く劣ったために変換効率(Eff)が13.5%と低く劣り、本発明の範囲外となった。

【0036】以上のように本発明の導電性ペーストを用いることによって、電極固有抵抗値を上昇させることな*

*く、また焼成後の構造欠陥を招くことなくAl-Si合金層の被覆率を向上させることができ、本発明の範囲外の導電性ペーストに比べて、高い変換効率(Eff)が得られることが分かった。

【0037】次に、実施例2ならびに比較例3の導電性ペーストを用いて、厚みが $20\mu\text{m}$ 、 $30\mu\text{m}$ 、 $40\mu\text{m}$ 、 $50\mu\text{m}$ の裏面電極を上述したサンプルと同様に形成して、Al-Si合金層の被覆率および変換効率(Eff)をそれぞれ測定し、これらを表3にまとめた。

【0038】

【表3】

特性 Al電極厚み	実施例2		比較例3	
	Al-Si合金層 被覆率(%)	変換効率Eff (%)	Al-Si合金層 被覆率(%)	変換効率Eff (%)
$50\mu\text{m}$	92	15.0	48	13.7
$40\mu\text{m}$	84	14.9	30	13.6
$30\mu\text{m}$	72	14.7	18	13.5
$20\mu\text{m}$	55	14.0	12	13.2

【0039】表3より、実施例2のサンプルは、裏面電極の厚みが $20\mu\text{m}$ と薄い場合であっても、Al-Si合金層の被覆率が55%、変換効率(Eff)が14.0%で実用的なSi太陽電池特性が得られた。したがって、裏面電極を薄層化でき、さらには応力緩和によってSiウエハを薄くすることも可能であることが示された。

【0040】これに対して、比較例3のサンプルは、裏面電極の厚みが $50\mu\text{m}$ と厚い場合であっても、上述したようにAl-Si合金層の被覆率は48%、変換効率(Eff)は13.7%であり、厚みが $20\mu\text{m}$ と薄い場合には、Al-Si合金層の被覆率は12%と極端に低く、したがって変換効率(Eff)も13.2%と低く劣った。

【0041】以上のように、裏面電極の厚みが薄くなるにしたがってAl-Si合金層の被覆率が低下し、変換効率(Eff)が劣化する傾向があるが、本発明の導電性ペーストを用いて裏面電極を形成すると、厚みが $20\mu\text{m}$ と薄い場合であっても、実用的なSi太陽電池として許容し得る変換効率を得られることが分かった。

【0042】

【発明の効果】以上のように本発明の導電性ペーストは、Al粉末と有機ビヒクルとを含有し、Si太陽電池の裏面電極形成に用いられる導電性ペーストであって、Al粉末の平均粒子径が $2\sim 10\mu\text{m}$ で、かつAl粉末表面の酸化皮膜の厚みが $2\sim 10\text{nm}$ であることを特徴とすることで、これを用いて裏面電極を形成したSi太陽電池の高効率を達成できるとともに、裏面電極さらにはSiウエハ2の薄型化を可能にしてSi太陽電池1の低コスト化に寄与できる、導電性ペーストを提供するこ

とができる。

【0043】また、本発明の導電性ペーストを用いて裏面電極が形成されたSi太陽電池、例えば、n-Si層とp-Si層を備えるSiウエハと、Siウエハのn-Si層側の主面に形成された受光面電極および反射防止膜と、Siウエハのp-Si層側の主面に形成された裏面電極とからなり、裏面電極は、本発明の導電性ペーストを用いてSiウエハのp-Si層側の主面に電極膜が形成され焼成されてなることを特徴とするSi太陽電池は、過剰な合金反応によるAl-Siの凝集粒の発生もなく、Siウエハの凹凸構造に関わらずより多くのAl-Si接触点が確保でき、十分な厚みを備えたAl-Si合金層とp⁺電解層が形成され、高効率かつ低コストを達成することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一つの実施形態における導電性ペーストを用いて裏面電極を形成したSi太陽電池の断面図であり、(a)はSi太陽電池の全体的な説明図であり、(b)はp-Si層と裏面電極の界面を拡大した説明図である。

【図2】本発明の実施例ならびに比較例における固有抵抗値測定用サンプルの平面図であり、(a)は該サンプルの表面、(a)は該サンプルの裏面の説明図である。

【図3】本発明の実施例1におけるAl-Si合金層の被覆率測定用サンプルにおいて、裏面電極方向のSiウエハの界面を撮影した顕微鏡写真である。

【図4】本発明の比較例4におけるAl-Si合金層の被覆率測定用サンプルにおいて、裏面電極方向のSiウエハの界面を撮影した顕微鏡写真である。

【図5】従来の導電性ペーストを用いて裏面電極を形成

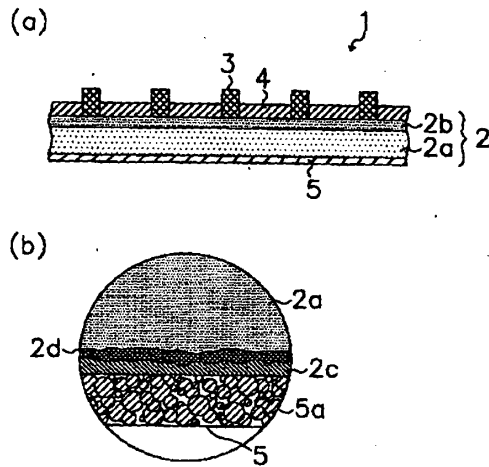
したSi太陽電池の断面図であり、(a)はSi太陽電池の全体的な説明図であり、(b)はp-Si層と裏面電極の界面を拡大した説明図である。

【符号の説明】

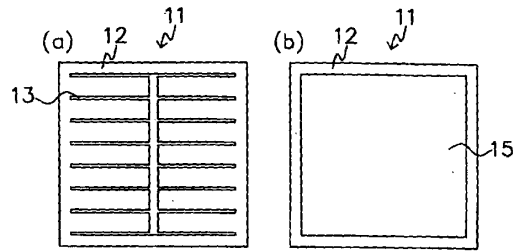
- 1 Si太陽電池
2 Siウエハ

- 2a n-Si層
2b p-Si層
3 受光面電極
4 反射防止膜
5 裏面電極

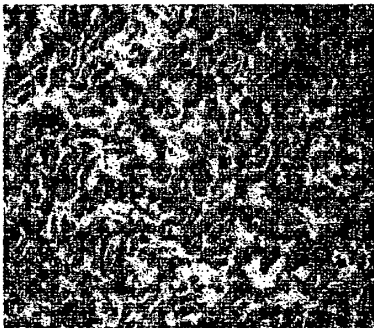
【図1】



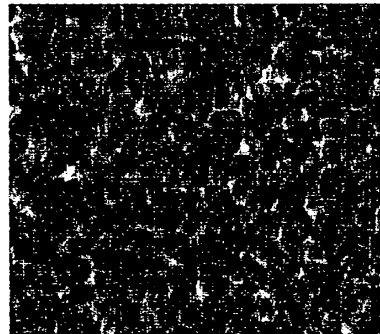
【図2】



【図3】



【図4】



【図5】

